

a)

## OPTICAL WAVELENGTH BRANCHING/INSERTING DEVICE

Patent Number: JP2000068931  
Publication date: 2000-03-03  
Inventor(s): MAEDA HIDEKI; TSUNODA MASATOYO; SAITO SHIGERU; HAYASHI YOSHIHIRO  
Applicant(s): NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>  
Requested Patent: ☐ JP2000068931  
Application Number: JP19980235585 19980821  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H04B10/02; H04B10/18; H04J14/00; H04J14/02  
EC Classification:  
Equivalents:

---

### Abstract

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve deterioration of a transmission characteristic by an error between an optical signal wavelength and the transmission center wavelength of an optical multiplexer/demultiplexer by means of setting an optical signal spectrum to be symmetrical to a signal light center wave by inserting an optical filter for spectrum shaping and shaping the spectrum.

**SOLUTION:** Optical signal transmitted to the optical fiber 10a of a wavelength multiplex signal light transmission line is demultiplexed by an optical demultiplexer 20 in an optical wavelength branch/insertion device 100a. Respective light beams are made incident on a spectrum shaping filter 51. In an optical spectrum control means 50, an optical filter controller 53 controls the transmission wavelength characteristic of the optical filter for spectrum shaping 51 so that symmetry is shown to respective wavelength light beams detected by a detector 52. When the optical signal beams of the respective wavelengths, which are spectrum-shaped, are inputted to an optical switch 60 and they are branched, they are inputted to an optical receiver 40 as reception signals. When they are inserted, the outputs of an optical transmitter 30 are set to be insertion signals. Thus, the deterioration of a transmission characteristic owing to spectrum deformation by an error between the optical signal wavelength and the transmission center wavelength of optical multiplex.

a)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-68931

(P2000-68931A)

(43) 公開日 平成12年3月3日 (2000.3.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

U 5 K 0 0 2

10/18

M

H 0 4 J 14/00

E

14/02

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-235585

(22) 出願日 平成10年8月21日 (1998.8.21)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 前田 英樹

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 角田 正豊

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100083552

弁理士 秋田 収喜

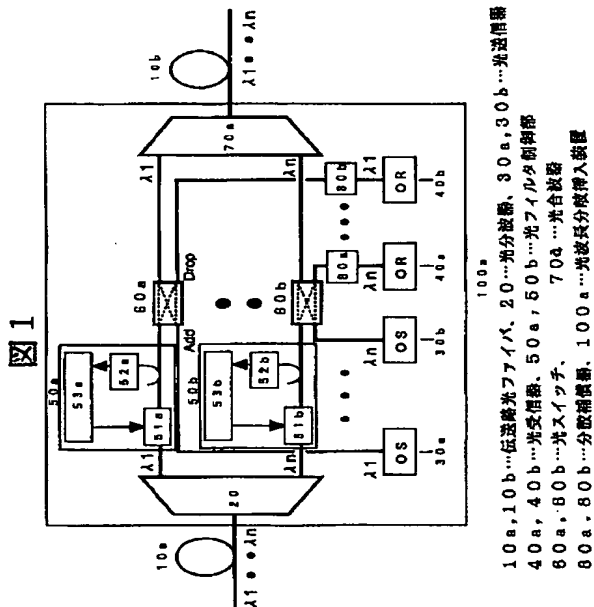
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光波長分岐挿入装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 誤差による伝送特性劣化を改善した光波長分岐挿入装置を提供する。

【解決手段】 光伝送路から送られてきた波長多重信号光から特定波長を分波させる光分波手段と、分波された信号光に対して光分岐挿入する複数の光分岐挿入手段と、信号光を受信する複数の光受信器と、挿入信号として用いられる複数の光送信器と、出力された各波長の信号光を光合波する光合波手段とから構成される光波長分岐挿入装置であって、光分波手段後にスペクトル整形用光フィルタと、信号光スペクトルを検出する光スペクトル検出手段と、光フィルタを制御する光フィルタ制御手段を備え、検出される信号光スペクトルが信号光中心波長に対し左右対称性を示すようにスペクトル整形用光フィルタの透過波長特性を光フィルタ制御手段により制御し、スペクトル整形を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光伝送路から送られてきた波長多重信号光から特定波長を分波させる光分波手段と、この光分波手段により分波された信号光に対して光分岐挿入する複数の光分岐挿入手段と、この分岐された信号光を受信する複数の光受信器と、挿入信号として用いられる前記特定波長の信号光を出力する複数の光送信器と、前記複数の光分岐挿入手段から出力された各波長の信号光を光合波する光合波手段とから構成される光波長分岐挿入装置であって、前記光分波手段後にスペクトル整形用光フィルタと、このスペクトル整形用光フィルタ出力の信号光スペクトルを検出する光スペクトル検出手段と、前記スペクトル整形用光フィルタを制御する光フィルタ制御手段を備え、前記スペクトル検出手段により検出される信号光スペクトルが信号光中心波長に対し左右対称性を示すように前記スペクトル整形用光フィルタの透過波長特性を前記光フィルタ制御手段により制御し、スペクトル整形を行うことを特徴とする光波長分岐挿入装置。

【請求項2】 前記スペクトル整形用光フィルタが、帯域通過フィルタであることを特徴とする請求項1に記載の光波長分岐挿入装置。

【請求項3】 前記光波長分岐挿入装置内、あるいは、前記光分波手段前、あるいは、前記光合波手段後に、またはそれらの全てに、各信号波長の波長分散を補償する複数の分散補償媒質を設けたことを特徴とする請求項1または2に記載の光波長分岐挿入装置。

【請求項4】 前記光波長分岐装置内、あるいは、前記光分波手段前、あるいは、前記光分波手段後に、またはそれらの全てに光増幅器を備えたことを特徴とする請求項1～3のいずれか記載の光波長分岐挿入装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重信号光を各波長に対して伝送路途中で分岐挿入する光波長分岐挿入装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光分岐挿入(ADM: Add/Drop Multiplexers)技術を適用した光ネットワークでは、光波長で分岐挿入を行うため、伝送路中に光波長分岐挿入装置が用いられる。これは、光分波器、分岐挿入を行うための光スイッチ、光合波器により構成される。伝送路光ファイバを介して伝送されてきた波長多重信号光は、光分波器により各波長に分波後、任意波長信号において、光スイッチにより波長分岐挿入が行われる。各信号波長の光スイッチ出力は、光合波器により合波され、再び伝送路光ファイバに入力される。光波長分岐挿入装置は、光合分波器が主要な役割を果たしているが、波長多重信号光の信号光波長と光合波器の透過中心波長との設定誤差及び経時劣化による誤差により、伝送特性が大きく劣化することが知られている(“光ADM

Mにおける波長ずれに関する考察”, 1996年電子情報通信学会通信ソサエティ大会, B-1086.)。光合分波器としては、例えば、アレイ導波路回折格子型波長合波器が用られる。

【0003】この伝送特性劣化要因としては、次のことが考えられる。

(1) 信号光スペクトルが帯域制限を受け、信号波形劣化が起こる。

(2) 隣接チャネルのクロストークが大きくなるため、信号波形劣化が生じる。

(3) 光増幅中継伝送においては、光雑音が大きく漏れ込むため、信号対雑音比が劣化する。

【0004】従来は、前記問題を解決するため、光分波器と光経路との間に光フィルタを挿入し、その透過中心波長を信号光波長と光合分波器の透過中心波長とのずれと逆方向に制御する方式が行われていた(“光ADMにおける波長ずれによる伝送特性劣化低減方式の提案”, 1997年電子情報通信学会総合大会, B-10-236.)。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記従来の技術では、信号光波長と光合分波器の透過中心波長とのずれを検出するのは困難であり、かつ伝送特性改善効果と光フィルタの透過波長特性との関係が不明確であった。

【0006】本発明の目的は、信号光波長と光合波器の透過中心波長との設定誤差及び経時劣化による誤差による伝送特性劣化を改善した光波長分岐挿入装置を提供することにある。

【0007】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すると以下のとおりである。

【0009】(1) 光伝送路から送られてきた波長多重信号光から特定波長を分波させる光分波手段と、この光分波手段により分波された信号光に対して光分岐挿入する複数の光分岐挿入手段と、この分岐された信号光を受信する複数の光受信器と、挿入信号として用いられる前記特定波長の信号光を出力する複数の光送信器と、前記複数の光分岐挿入手段から出力された各波長の信号光を光合波する光合波手段から構成される光波長分岐挿入装置であって、前記光分波手段後にスペクトル整形用光フィルタと、このスペクトル整形用光フィルタ出力の信号光スペクトルを検出する光スペクトル検出手段と、前記スペクトル整形用光フィルタを制御する光フィルタ制御手段を備え、前記スペクトル検出手段により検出される信号光スペクトルが信号光中心波長に対し左右対称性を示すように前記スペクトル整形用光フィルタの透過波長

特性を前記光フィルタ制御手段により制御し、スペクトル整形を行う。

(2) 前記スペクトル整形用光フィルタが、帯域通過フィルタである。

(3) 前記光波長分岐挿入装置内、あるいは、前記の出力光分波手段前、前記光合波手段後に、またはそれらの全てに、各波長の信号光をその波長ごとに分散補償する分散媒質を用いる。分散補償媒質としては、例えば、分散補償光ファイバまたは光ファイバグレーティングを用いる。

(4) 前記波長分岐挿入装置内、あるいは、前記光分波手段前、あるいは、前記光合波手段後に、または、それらの全てに光増幅器を備える。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態（実施例）を詳細に説明する。なお、実施形態（実施例）を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0011】（実施形態1）図1は本発明の実施形態1の光波長分岐挿入装置の概略構成を示すブロック構成図である。図1に示すように、本実施形態1の光波長分岐挿入装置100aは、伝送路光ファイバ10aを介して伝送されてきた波長多重信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ から特定波長を光分波する光分波器20と、スペクトル整形用光フィルタ51a、51b、光スペクトル検出器52a、52b、光フィルタ制御器53a、53bから構成される光スペクトル制御手段50a、50bと、光波長分岐挿入を行う光スイッチ60a、60bと、光挿入信号を出力する光送信器30a、30bと、分岐信号を受信する光受信器40a、40bと、各波長の信号光を光合波する光合波器70aから構成される。また、前記光波長分岐挿入装置100aは、分散スロープにより生じる各信号波長に対する累積分散を補償するための分散補償媒質80a、80bを光受信器40a、40bの前に備えている。なお、図1において、スペクトル整形用光フィルタ51a、51bのそれぞれの出力は、光スペクトル検出器52a、52bへ分波されているが、その分波を行う分波器は図示していない。

【0012】次に、前記本実施形態1の光波長分岐挿入装置100aの動作を2波多重信号光の場合について説明する。伝送路光ファイバ10aを介して伝送されてきた波長多重信号光 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ を光分波器20で光分波する。この光分波された波長 $\lambda_1$ の光はスペクトル整形用光フィルタ51aに入射され、波長 $\lambda_2$ の光はスペクトル整形用光フィルタ51bに入射される。

【0013】前記光スペクトル制御手段50a、50bでは、光スペクトル検出器52a、52bにより検出された各波長の信号光スペクトルが信号光中心波長に対し、左右対称性を示すように、光フィルタ制御器53

a、53bにより前記スペクトル整形用光フィルタ51a、51bの透過波長特性を調節する。スペクトル整形された各波長の信号光は、光波長分岐挿入を行う光スイッチ60a、60bに入力され、分岐される場合は、受信信号光として光受信器40a、40bに入力され、挿入される場合は、波長 $\lambda_1$ の光送信器30a、波長 $\lambda_2$ の光送信器30bの出力が挿入信号として用いられる。分岐及び挿入を行わない場合は、信号光が各光スイッチを通過するのみである。前記光スイッチ60a、60bの出力は、光合波器70aにより光合波される。

【0014】また、本実施形態1では、スペクトル整形用光フィルタ51a、51bをガウス型の光帯域通過フィルタ（半値全幅0.4nm）とし、透過中心波長を制御することにより、スペクトル整形を行う。

【0015】このように構成することにより、本光波長分岐挿入装置100aが多段接続された場合においても信号波長と光合波の透過中心波長との誤差による信号光スペクトルのスペクトル変形を整形することができ、スペクトル変形に起因する伝送特性劣化を改善することができる。

【0016】（実施形態2）図2は本発明を光伝送システムに適用した場合の実施形態2の光伝送システムの概略構成を示すブロック構成図である。図2（a）は本発明の光波長分岐挿入装置100bが伝送路途中に1つ存在する場合であり、光ADM挿入距離を $L_{ADM}$ とする。図2（b）は、本発明の光波長分岐挿入装置100d～100fが伝送路に周期的に存在する場合であり、光ADM間隔を $L_{ADM-period}$ とする。

【0017】本実施形態2の光伝送システムは、図2（a）に示すように、光送信器30c、30dから波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光が光合波器70bに入射され、光合波される。この光合波された波長多重信号光は、光増幅器90、伝送路光ファイバ10b、伝送路用分散補償器110を介して光波長分岐挿入装置100bに入射される構成となっている。図2（b）では、これらの構成が伝送路に周期的に繰り返される構成を示している。

【0018】このように構成することにより、伝送路光ファイバの波長分散及び非線形効果等による伝送特性劣化は、伝送路用分散補償器分散110を用いることにより改善されるため、本発明の光波長分岐挿入装置を光伝送システムに適用した場合の効果を明確に見積ることができる。

【0019】後に示す図3～図5の本発明の効果を実証する場合において、光送信器30c、30dは、伝送速度を10Gb/s/chとし、64ビットパターンのNRZ信号により強度変調を行う。各信号波長は、光合波器70bにより光合波される。伝送路は、波長分散-1ps/nm/kmの伝送路光ファイバ10bを500kmごとに分散補償器110により分散補償し（平均零分散波長：信号波長域の中心）、光ファイバ損失（0.2

1 dB/km)を補償するために50 km毎に光増幅器90を配置、光増幅器出力を-3 dBm/chとした。

【0020】伝送路途中に存在する光波長分岐挿入装置100b~100f内の光合分波器の透過波長特性は、ガウス型の光帯域通過フィルタ(半値全幅0.4 nm)とし、受信信号は、分散スロープ(0.07 ps/nm<sup>2</sup>/km)による累積分散を分散補償器で補償後、アイ開口劣化1 dBとなる距離 $L_e$ において評価した。信号光波長と光合分波器の透過中心波長との誤差を最悪状態で評価するため、光ADM内の光合分波器の透過波長特性は全て同一のものとした。また、信号光波長 $\lambda$ と光合分波器の透過中心波長 $\lambda_{ADM}$ との誤差を $\Delta\lambda = \lambda_{ADM} - \lambda$ とし、WDM伝送(2波多重、波長間隔0.8 nm)においては、 $\Delta\lambda > 0$ としたため、隣接チャネルのクロストークを大きく受ける短波長側で評価した。

【0021】光ADM挿入距離 $L_{ADM}$ に対する伝送距離 $L_e$ を図3に示す(図2(a)モデル)。黒丸は、本発明の光波長分岐挿入装置において、スペクトル整形用光フィルタを用いた場合を示す。WDM伝送では、単一波長伝送と比べ、累積分散及び相互位相変調等による伝送特性劣化のため、 $L_e$ に違いを生じる。 $L_{ADM}$ の増加と共に $L_e$ が劣化し、光ADMなしに比べ最大1 dBの伝送距離劣化となった。

【0022】これは、長距離になると光ファイバの非線形効果に伴うスペクトル拡がりが増著になるため、光合分波器の帯域制限による影響が大きくなるためである。 $\Delta\lambda$ が生じた場合、単一波長伝送では、スペクトル整形用光フィルタの半値前幅の半分( $\Delta\lambda = 0.2$  nm)で顕著な劣化が生じた。よって、スペクトル整形用光フィルタの半値前幅の半分以上、 $\Delta\lambda$ が生じている場合は、スペクトル整形用光フィルタを用いることの有効性が高い。

【0023】図3中の(i)及び(ii)点における、スペクトル変化の様子を図4に示す。光スペクトルの分解能は、0.1 nm/resolutionである。図4(a)は、光ADM装置通過前の光スペクトルであり、図4(b)は、光ADM装置の光分波器通過後の光スペクトルである。また、図4(c)は、光ADM装置内にスペクトル整形用フィルタを挿入し、スペクトル整形を行った信号光スペクトルである。これより、 $\Delta\lambda$ が生じた場合、伝送距離劣化の原因は、信号光波長と光合分波器の透過中心波長との誤差による信号光スペクトル変形が原因であることが分かる。また、光ADM内にスペクトル整形用フィルタを用いた場合には、ほぼ、光ADM装置通過前のスペクトル形状に整形され、伝送距離が大幅に改善していることが分かる。

【0024】WDM伝送では、 $\Delta\lambda$ の大きさに応じて伝送特性が劣化した。これより、 $\Delta\lambda$ が生じる系においては、隣接チャネルストロークが主な劣化要因となることが分かる。また、単一波長伝送と同様に、光ADM装置

内にスペクトル整形用光フィルタを用いた場合には、伝送距離が大きく改善し、信号光波長及び光合分波器の透過中心波長誤差に対するトレランスを大幅に改善することができることが確認された。

【0025】光ADM間隔 $L_{ADM-period}$ に対する伝送距離 $L_e$ を図5に示す(図2(b)モデル)。黒丸は、本光波長分岐挿入装置において、スペクトル整形用光フィルタを用いた場合を示す。 $L_{ADM-period}$ が大きい時には、図2と同様に光ADMなしに比べ1 dB程度の伝送距離劣化となった。また、 $L_{ADM-period}$ の減少と共に $L_e$ が劣化し、最大3 dB伝送距離劣化となった。これは、光合分波器多段の影響により、透過帯域幅が減少するためである。この影響により、 $\Delta\lambda$ が生じた場合には、 $L_{ADM-period}$ が小さい程、図3に比べ波長誤差の許容度が減少することが分かる。

【0026】スペクトル整形用光フィルタを光ADM装置内に挿入した場合には、図3と同様に、伝送距離を大幅に改善していることが分かる。これより、光ADMが多段接続された場合においても、本波長分岐挿入装置は、波長誤差による伝送特性劣化を改善し、信号光波長及び光合分波器の透過中心誤差に対するトレランスを大幅に改善することが確認された。

【0027】以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0028】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、スペクトル整形用光フィルタを光ADM装置内に挿入することにより、信号光波長と光合分波器の透過中心波長との誤差による伝送特性劣化を改善し、波長誤差に対するトレランスを大幅に改善することができる。また、本光波長分岐挿入装置は、複数の信号光波長を多重して伝送する波長多重伝送システムにおいて、最も効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1の光波長分岐挿入装置の概略構成を示すブロック構成図である。

【図2】図2は本発明を光伝送システムに適用した場合の実施形態2の光伝送システムの概略構成を示すブロック構成図である。

【図3】本実施形態2の光ADM挿入間隔 $L_{ADM}$ に対する伝送距離 $L_e$ を示す図である。

【図4】図3(i)及び(ii)点における信号光スペクトルを示す図である。

【図5】本実施形態2の光ADM挿入間隔 $L_{ADM-period}$ に対する伝送距離 $L_e$ を示す図である。

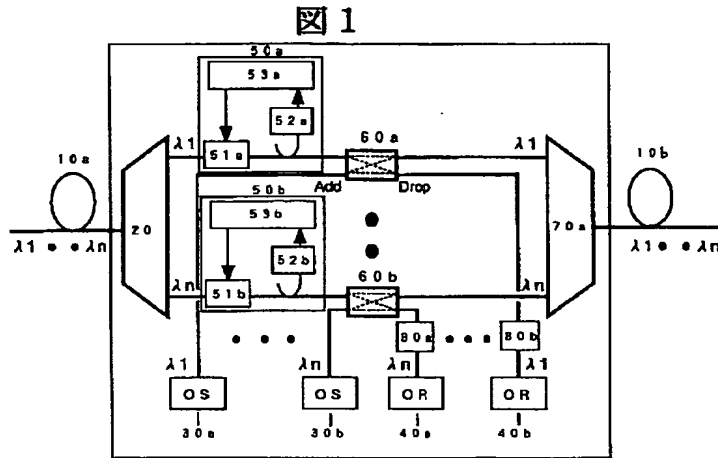
【符号の説明】

10a, 10b…伝送路光ファイバ、20…光分波器、

30a, 30b…光送信器、40a, 40b…光受信器、50a, 50b…光フィルタ制御部、60a, 60b…光スイッチ、70a, 70b…光合波器、80a,

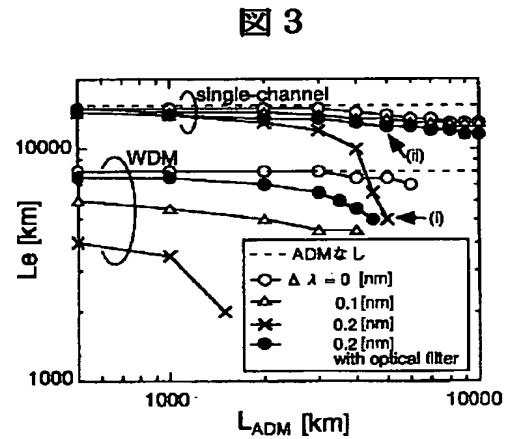
80b…分散補償器、90…光増幅器、100a~100f…光波長分岐挿入装置、110…伝送路用分散補償器。

【図1】



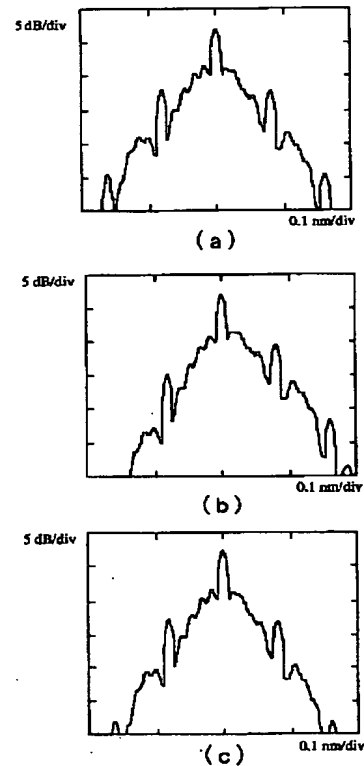
10a, 10b…伝送路ファイバ、20…光分波器、30a, 30b…光送信器  
40a, 40b…光受信器、50a, 50b…光フィルタ制御部  
60a, 60b…光スイッチ、70a…光合波器  
80a, 80b…分散補償器、100a…光波長分岐挿入装置

【図3】



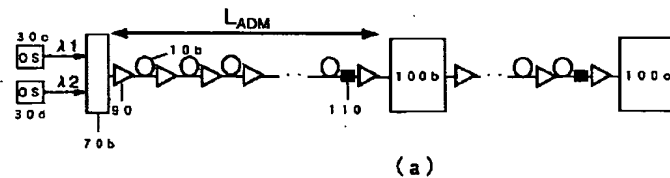
【図4】

図 4

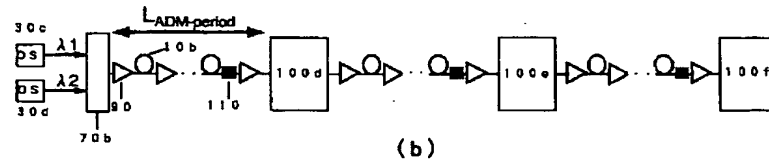


【図2】

図 2

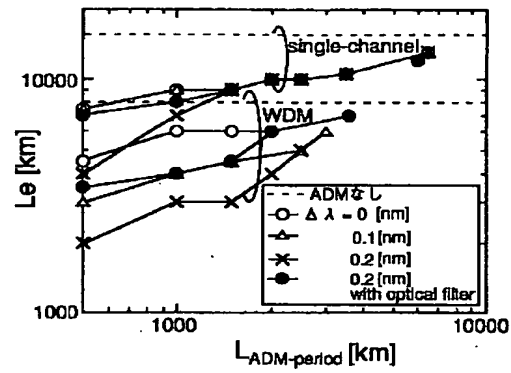


90…光増幅器、100a~100f…光波長分岐挿入装置  
110…伝送路用分散補償器



【図5】

図5



フロントページの続き

(72)発明者 斉藤 茂  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 林 義博  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K002 BA05 BA06 CA01 DA02 FA01